EMPAT BENCANA GEOLOGI

YANG PALING MEMATIKAN

Kartono Tjandra

Gadjah Mada University Press

EMPAT BENCANA GEOLOGI

YANG PALING MEMATIKAN

KARTONO TJANDRA

GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS

Dedikasi sepenuhnya kepada Yth:

Profesor Ir. Sukandarrumidi M.Sc., Ph.D.
"*Sang Begawan Ilmu Kebumian*"

Oleh karena bimbingan beliau yang tulus dan humanis,
aku dapat berkarya, berbagi pengalaman dan pengetahuan
untuk masyarakat luas

KATA PENGANTAR

BENCANA geologi, meteorologi, kekeringan, dan kebakaran yang sering terjadi di Indonesia akan terus berulang. Sebenarnya keadaan rawan bencana tersebut semata-mata karena Indonesia terletak pada "jalur cincin api dunia", yang merupakan jalur vulkanik dan seismik dunia yang sangat aktif dan dinamis. Jalur tersebut merupakan tempat tumbuh dan berkembangnya gunung api, yang setiap saat dapat meletus dan menimbulkan bencana letusan gunung api dan dapat disertai bencana susulan berupa tanah longsor, kebakaran hutan, banjir lahar dingin, dan tsunami (untuk *submarine volcano*). Jalur tersebut juga berhimpitan dengan pusat gempa bumi (*seismic belt*) yang setiap saat dapat melahirkan bencana gempa bumi yang kemungkinan besar dapat menurunkan prahara ikutan, yaitu tanah longsor dan tsunami (apabila gempa terjadi di laut dalam). Pada zaman dahulu, bencana yang terjadi selalu dikaitkan dengan mitos dan legenda yang kebenarannya tidak dapat dipertanggungjawabkan

secara akal sehat. Seiring dengan kemajuan tingkat pendidikan masyarakat maka mitos dan legenda tersebut semakin menghilang.

Buku ini disusun berdasarkan pelbagai acuan pustaka dan pengalaman lapangan dan bertujuan untuk memberi gambaran dan pengertian secara umum tentang bencana dan usaha mitigasinya kepada masyarakat awam, khususnya bencana geologi. Selain itu, buku ini dimaksudkan agar masyarakat luas dapat memahami dan mematuhi aturan tata ruang dengan taat dan benar sehingga terjadi keharmonisan antara manusia dan alam sekitarnya dalam hal berbagi ruang. Dengan demikian, tercipta suasana seperti yang menjadi semboyan Basarnas (Badan Pencarian dan Pertolongan Nasional) yaitu "*Avignam Jagat Asamgram*", artinya "Selamatlah Alam Semesta" sehingga manusia terhindar dari bencana alam. Sesungguhnya bencana yang terjadi dapat menimpa setiap negara, bangsa, agama, dan golongan sehingga diperlukan kearifan bersama, kesadaran, dan partisipasi semua pihak dalam penanggulangan dan usaha mitigasi bencana.

Atas tersusun dan diterbitkannya buku dengan judul *Empat Bencana Geologi yang Paling Mematikan*, penulis berkewajiban mengucapkan terima kasih kepada Yth. Prof. Ir. Sukandarrumidi M.Sc. Ph.D. Guru Besar (Emiritus), pada Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dan Guru Besar pada Institut Sains & Teknologi "AKPRIND" Yogyakarta, yang telah membimbing penulis setulus hati hingga buku ini siap terbit. Terima kasih kepada Basarnas (Badan Pencarian dan Pertolongan Nasional) Pusat, yang dengan senang hati memberikan segala dukungan buku panduan Basarnas yang telah digunakan sebagai acuan penting dalam penulisan buku ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada kedua orang tua (alm.) dan segenap kakak-kakak

penulis yang dengan segala jerih payahnya yang melelahkan dalam membantu penulis, baik secara moril maupun materiil dalam menyelesaikan studi di perguruan tinggi, kepada Om Yopie panggilan akrab ayah kecil Jandi Arianto Santoso di Jember, kepada Drs. Ashanul Kohar, Apt. (Farmasi, UGM'78) atas segala canda dan air matanya, dan Ibu Hadi Suprapto sekeluarga di Cebongan, Mlati, Sinduadi, Sleman, induk semang penulis saat "ngudi pengalih" di Yogyakarta, Sdr. Ir. Anom Wisnu Wibowo (UPN, Yogyakarta, Fakultas Tambang, 1981) rekan seperjuangan pada perusahaan tambang batu bara swasta nasional di Kalimantan Timur, ananda Muhammad Nur Irsyad, SMK Hang Tuah 1 Jakarta yang sering menemani penulis saat menulis buku ini, Ir. Raharjo Utomo (Teknik Sipil UAJY 77), Ir. Johny Wijaya (UK Petra, Teknik Sipil 73) teman sekampung halaman atas persahabatannya yang baik. Terima kasih disampaikan kepada Bumoy yang berada di seberang sana, di Tanah Tanjung Balai Karimun, Kepulauan Riau bersama ananda Nurtini dan Kartina, ketiganya adalah "kesuma ning sukma" cahaya tak akan pudar yang senantiasa menggugah penulis untuk berkarya lebih baik lagi.

Setiap manusia tak luput dari kekurangan dan kesalahan tetapi kekurangan dan kesalahan tidak selalu bermuara pada kejelekan. Melalui kesadaran dan keikhlasan yang penuh, manusia dapat belajar dari kekurangan dan kesalahannya untuk bisa menjadi lebih baik lagi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala saran dan kritik yang bermanfaat agar isi buku ini menjadi lebih berguna bagi pembacanya.

Jakarta, 1 Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

■ DAFTAR TABEL

BAB I

INDONESIA RAWAN BENCANA GEOLOGI

SEBUTAN hamparan Kepulauan Nusantara sebagai untaian Ratna Mutu Manikam Khatulistiwa merupakan wujud dari keindahan panorama, kesuburan tanah, serta kekayaan sumber daya alam beraneka ragam nan melimpah yang dimiliki oleh Ibu Pertiwi Indonesia. Bukit dan gunung yang tinggi menjulang menghias langit biru Nusantara, pantai indah berbibir pasir putih bermandikan sinar mentari selalu digapai oleh 2 gelombang Samudra Pasifik dan Hindia, anginnya berembus lirih dari dua benua, yaitu Asia dan Australia.

Nusantara dimanjakan oleh kesuburan tanahnya, keindahan panoramanya, dan kekayaan sumber daya alamnya. Akan tetapi, di baliknya terkandung bahaya dan ancaman bencana geologi sebab anugerah keindahan, kesuburan, dan kekayaan tersebut tercipta karena Bumi Nusantara terletak pada jalur cincin api dunia yang dikenal dengan istilah *ring of fire*. Jalur tempat tumbuh dan

berkembangnya gunung api yang serta merta berhimpitan dengan jalur gempa bumi (*seismic belt*) teraktif di dunia, setiap saat tanpa diketahui tempat dan waktunya akan melahirkan bencana letusan gunung api, tanah longsor, gempa bumi, dan tsunami dengan risiko bencana yang besar. Dengan demikian, di balik keindahan dan kekayaannya Bumi Nusantara bersahabat dengan bencana alam, khususnya bencana geologi.

Oleh karena itu, selain penuh syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala anugerah baik-Nya, sekaligus harus waspada akan kehadiran bencana geologi yang datangnya secara tiba-tiba. Kedatangan bencana geologi tidak dapat dibendung tetapi dampak risiko yang ditimbulkannya dapat dikurangi dengan usaha-usaha mitigasi baik pra, pada saat, dan purna terjadinya bencana.

1.1 LETAK BUMI NUSANTARA

Indonesia terletak di gugusan kepulauan Asia Tenggara, terdiri lebih dari 17.000 pulau besar maupun kecil, dengan garis pantai sepanjang lebih dari 80.000 km. Luas wilayah perairan mencapai 5,8 juta dan 1,9 juta km^2 yang berupa daratan. Selain sebagai negara kepulauan, Indonesia adalah negara bahari atau maritim. Sebagai negara bahari, Indonesia terletak di wilayah segitiga terumbu karang yang mencakup 53% terumbu karang dunia. Segitiga terumbu karang menjadi episenter kehidupan laut yang memiliki keragaman jenis biota laut yang tinggi, dan kawasan ini disebut juga sebagai "*amazon of the sea*" (Kordi, 2010). Populasi penduduknya pada tahun 2010 lebih dari 237 juta jiwa (http://sp2010.bps.go.id/index.php).

Dari 17.000 pulau di Indonesia hanya sekitar 10.000 pulau yang berpenghuni tetap. Indonesia mempunyai 5 pulau besar, yaitu Pulau Jawa, Pulau Sumatra (dengan luas 3,6 kali Pulau Jawa), Pulau

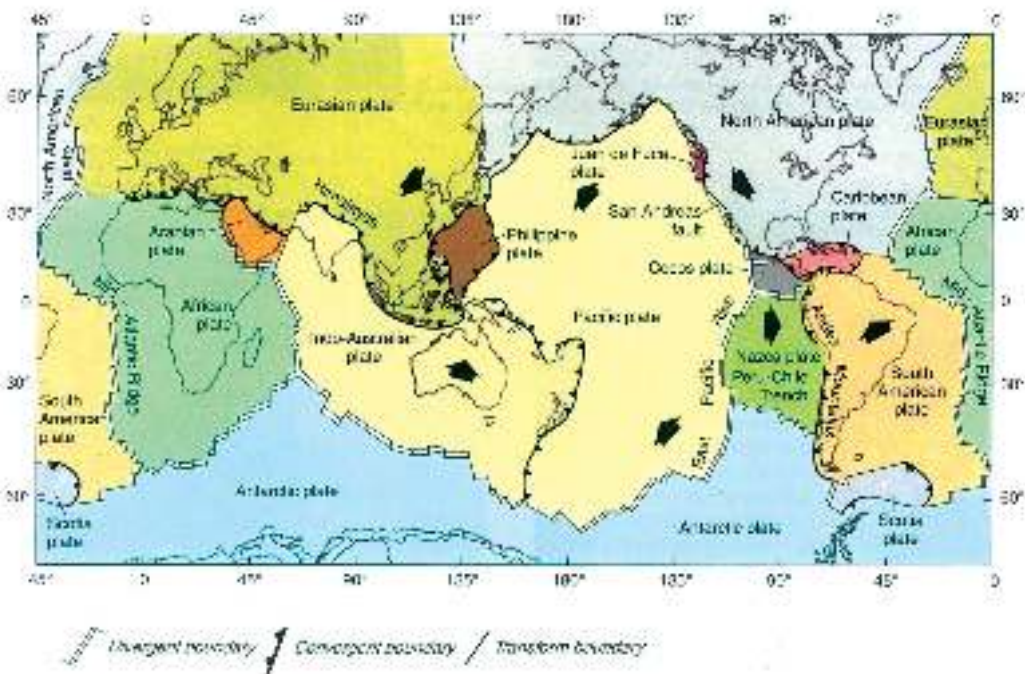
Kalimantan (dengan luas 4,1 kali Pulau Jawa), Pulau Sulawesi (dengan luas 1,4 kali Pulau Jawa), dan Pulau Papua (dengan luas 3,2 kali Pulau Jawa). Dari 5 pulau terbesar tersebut, Pulau Jawa merupakan pulau yang terkecil tetapi lebih dari separuh (56%) populasi penduduk Indonesia bermukim di Pulau Jawa. Dengan demikian, Pulau Jawa merupakan pulau dengan tingkat populasi dan kerapatan penduduk yang tinggi.

Secara geografis, Indonesia terletak pada koordinat 94° bujur timur (bagian paling ujung barat) sampai 141° bujur timur (bagian paling ujung timur), 6° lintang utara (bagian ujung utara), dan 11° lintang selatan (bagian ujung selatan). Oleh karena itu, Indonesia dilewati oleh garis ekuator (khatulistiwa), matahari sepanjang tahun menyinari Bumi Nusantara. Selain dikelilingi oleh Samudra Pasifik dan Hindia, Indonesia terletak di antara 2 benua, yaitu Benua Australia di sebelah selatan dan Benua Asia di sebelah utara. Dalam tataran teori tektonik lempeng, posisi Indonesia diapit oleh 3 lempeng besar benua, yaitu sebelah selatan oleh Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara, sebelah utara oleh Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara, dan sebelah timur oleh Lempeng Pasifik dan lempeng kecil Filipina yang bergerak ke arah barat.

Secara klimatologi, Indonesia beriklim hujan tropis dengan tingkat pelapukan batuan tinggi. Walaupun laut Indonesia adalah jalur penghubung moda transportasi laut yang sangat efektif untuk menghubungkan Benua Australia dengan Asia, timur dan barat, tetapi dari sudut ilmu kebumian Indonesia sarat bahaya dan ancaman bencana geologi.

1.2 INDONESIA RAWAN BENCANA GEOLOGI

1.2.1 Sekilas tentang Teori Tektonik Lempeng

Konsep tektonik lempeng tektonik lahir dan berkembang pada awal tahun 1960 yang bertumpu pada 2 ide utama, yaitu pengapungan kerak benua dan pemekaran dasar samudra (*continental drift and sea floor spreading*). Menurut teori tektonik lempeng, bumi terdiri dari 2 lapisan yaitu litosfer yang merupakan lapisan bagian luar yang meliputi batuan pada kerak bumi dan selubung bumi (*uppermost mantle*) yang bersifat dingin, padat, dan rigid. Di bawah lapisan litosfer terdapat lapisan astenosfer yang bersifat panas dan plastis. Bagian atas lapisan astenosfer berbentuk lelehan parsial yang bertindak sebagai zona gelincir (*lubricating*) sehingga lapisan litosfer yang berada di atasnya dapat mengapung dan bergerak. Lapisan litosfer terpecah menjadi sejumlah potongan lempeng dengan aneka ukuran dan ketebalan. Litosfer yang berada di bawah samudra (*beneath oceans litosphere*) ketebalannya antara 10–100 km lebih tipis dibandingkan dengan yang berada di bawah benua (*continental litosphere*) yang ketebalannya dapat mencapai 125–250 km. Di antara lempeng-lempeng tersebut, ada 8 buah lempeng yang berukuran besar, yaitu Eurasia, Indo-Australia, Pasifik, Afrika, Amerika Utara, Amerika Selatan, Nazca, dan Antartika, sedangkan lempeng lainnya berukuran lebih kecil (Gambar 1.1). Lempeng-lempeng tersebut mengapung dan bergerak di atas astenosfer. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut dapat saling menjauh (*divergent*), bertumbukan (*convergent*), atau saling bersinggungan (*transform*). Kecepatan pergerakannya mencapai 0,5–15 cm/tahun (Pulmer *et al.*, 2010). Di Himalaya, Lempeng Hindia pertama kali bertumbukan dengan lempeng Eurasia 40 juta tahun yang lalu. Kekuatan benturan terus mengangkat seluruh Dataran Tibet, meninggikan "atap dunia"

Gambar 1.1 Pergerakan lempeng tektonik dunia (Pulmer *et al.*, 2010)

(kutub ketiga) tersebut dengan kecepatan 0,8 cm/tahun (Miller 2010).

Walaupun secara fisik dan kasat mata, pergerakan tersebut tidak dapat dirasakan dan dilihat (lebih lambat dari pertumbuhan kuku jari) tetapi secara geologi pergerakan tersebut cukup dahsyat. Lempeng Pasifik yang bergerak 5 cm/tahun ke arah barat daya (Reynolds *et al.*, 2010) apabila bergerak selama 1.000.000 tahun, pergerakan Lempeng Pasifik akan mencapai jarak 5.000.000 cm atau 50 km. Pusat kegiatan seismik dan vulkanik berada di sepanjang batas pertemuan lempeng-lempeng tersebut. Secara geologi, daerah tersebut merupakan bagian zona paling aktif dan dinamis di planet bumi.

1.2.2 Indonesia Terletak di Zona Aktif dan Dinamis Dunia

Posisi Indonesia diapit oleh 3 lempeng benua, yaitu di sebelah selatan oleh Lempeng Indo-Australia yang bergerak relatif ke utara, di sebelah timur oleh Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat, dan di sebelah utara oleh Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah tenggara. Zona pertemuan 3 lempeng tersebut terletak di sepanjang pantai barat Pulau Sumatra, pantai selatan Pulau Jawa, Pulau Sumatra, dan Pulau Bali (gugusan Kepulauan Sunda besar), Nusa Tenggara Barat dan Timur (gugusan Kepulauan Sunda Kecil), berbelok ke utara menuju Pulau Papua, Laut Banda, Maluku, hingga Sulawesi Utara. Jalur tumbukan tersebut merupakan bagian dari jalur cincin api dunia (*ring of fire*), sepanjang 40.000 km, dan pusat pertumbuhan sabuk gunung api (*volcanic belt*) yang serta merta berhimpitan dengan jalur seismik (*seismic belt*). Jalur ini merupakan penyebab terjadinya gempa bumi, di mana hampir 90% gempa bumi dunia lahir dari jalur ini dan 80% di antaranya berkekuatan sedang-kuat (Pulmer *et al*., 2010).

Di sepanjang jalur tersebut, Indonesia memiliki 129 gunung api aktif yang setiap saat dapat meletus dan menyebabkan gempa bumi tektonik yang sangat berkemungkinan diikuti tsunami dahsyat. Selain jalur tumbukan lempeng tektonik, Indonesia memiliki sumber gempa lainnya, yaitu beberapa patahan (sesar) aktif antara lain Sesar Semangko di Pulau Sumatra yang membentang dari Aceh hingga Lampung. Sesar Semangko adalah sesar utama, sesar ini berkembang dan beranak pinak sesar-sesar yang lebih kecil (sesar orde dua sampai sesar orde tiga). Selain itu, di Samudra Hindia terdapat Sesar Mentawai, Palu-Koro di Pulau Sulawesi, Sorong, Mamberano, Ransiki, dan Tarera-Aiduna di Pulau Papua, Lembang di Bandung, Opak di Yogyakarta, Peterjajar di Bakauhuni, Lampung Selatan,

dan lain-lain. Pergerakan sesar aktif dapat memicu terjadinya gempa dengan skala cukup besar. Seperti yang dituturkan Daryanto, Kepala Bidang Mitigasi dan Tsunami Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, bahwa gempa berkekuatan M 7,2 yang terjadi di Kabupaten Mamberano Raya, Provinsi Papua pada tanggal 28 Juli 2015 diduga bersumber dari sesar naik Mamberano. Gempa bumi tersebut tergolong dangkal dan moderat yang menyebabkan 2 rumah penduduk, 1 rumah ibadah, dan 1 gedung mengalami kerusakan cukup berat dan menelan 1 korban jiwa manusia (Irwan, 2015).

Secara geografi, Indonesia dilewati garis ekuator dan sepanjang tahun matahari terus bersinar. Berdasarkan posisi geografis tersebut, secara klimatologi Indonesia termasuk dalam klasifikasi iklim sistem matahari atau beriklim tropis. Selain itu, Indonesia diapit oleh dua samudra dan dua benua yang mengakibatkan curah hujan sangat tinggi. Keadaan tersebut berdasarkan klasifikasi iklim kloppen Indonesia, termasuk beriklim hujan tropis. Dengan keadaan klimatologi yang sedemikian rupa menyebabkan beberapa daerah di Indonesia memiliki curah hujan yang sangat tinggi dan dapat menimbulkan bencana banjir bandang serta tanah longsor. Morfologi yang sangat bergelombang kuat, terjal, dan curam, letusan gunung api yang menghasilkan hujan material vulkanik (rempah piroklastik) yang jatuh menutupi lereng dan lembah di sekitar gunung api membentuk formasi batuan vulkanik yang berusia relatif muda (kuarter) karena usianya yang relatif muda formasi batuan tersebut umumnya belum bersifat kompak (masih bersifat lepas) sehingga sangat mudah terurai ketika diguyur hujan lebat dan dapat berubah menjadi lahar dingin atau tanah longsor.

Jalur tumbukan gunung api, struktur geologi berupa patahan, sesar aktif, rempah vulkanik merupakan keadaan geologi, sedangkan